

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51)

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Int. Cl. 2:

G 02 C 7/06

C 03 B 23/22

DT 26 44 510 A 1

(11)

Offenlegungsschrift **26 44 510**

(21)

Aktenzeichen:

P 26 44 510.3

(22)

Anmeldetag:

1. 10. 76

(43)

Offenlegungstag:

14. 4. 77

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31)

1. 10. 75 USA 619143

8. 12. 75 USA 638869

8. 12. 75 USA 638870

(54)

Bezeichnung:

Brillenglas und Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases

(61)

Zusatz zu:

P 24 39 127.3

(71)

Anmelder:

American Optical Corp., Southbridge, Mass. (V.St.A.)

(74)

Vertreter:

Diehl, H.O.Th., Dipl.-Phys. Dr.rer. nat., Pat.-Anw., 8000 München

(72)

Erfinder:

Winthrop, John Talley, Wellesley, Mass. (V.St.A.)

DT 26 44 510 A 1

2644510

PATENTANWALT · DR. HERMANN O. TH. DIEHL · D: PLOMPHYSIKER
D - 8000 MÜNCHEN 19 · FLUGGENSTRASSE 17 · TELEFON: 089/177061

~~-3-~~

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Brillenglas, dessen eine brechende Fläche durch eine sprungstellenfrei verlaufende meridionale Hauptkurve in zwei einander entsprechende seitliche Hälften unterteilt ist, bei dem diese brechende Fläche längs der meridionalen Hauptkurve umbilisch ist, mit einer Betrachtungszone, in der die Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptebene von der Oberkante dieser Betrachtungszone bis zu deren Unterkante kontinuierlich zunimmt, wobei diese Betrachtungszone in Querrichtung in zumindest drei Teile endlicher Breite unterteilt ist, von denen das Mittelteil von der meridionalen Hauptkurve mittig durchsetzt wird und die beiden äusseren Seitenteile aus Flächen mit einer derartigen Krümmung bestehen, dass dort die Hauptachsen des Astigmatismus in vertikalen und horizontalen Ebenen liegen, insbesondere nach Patentanmeldung P 24 39 127.3-51, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche von jedem äusseren Seitenteil einen Teil einer Rotationsfläche enthält, deren Drehachse in der meridionalen Hauptebene liegt und vertikal verläuft.

709815/0861

2. Brillenglas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass über oder unter der ersten Betrachtungszone eine zweite Betrachtungszone mit konstanter Scheitelbrechkraft angeordnet ist.

3. Brillenglas nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Zwischenteile von asphärischer Wölbung zwischen den beiden äusseren Seitenteilen und dem Mittelteil vorgesehen sind, die einen glatten Übergang zwischen dem Mittelteil und den beiden äusseren Seitenteilen bewirken.

4. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Betrachtungszone (54) über der ersten Betrachtungszone (58) liegt und dass der Scheitelbrechwert an der Oberkante der ersten Betrachtungszone (58) um weniger als 0,5 D grösser ist als der Scheitelbrechwert der zweiten Betrachtungszone.

5. Brillenglas nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der konstante Scheitelbrechwert der zweiten Betrachtungszone gleich demjenigen an der Oberkante der ersten Betrachtungszone ist, wobei die beiden Zonen glatt ineinander übergehen.

6. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Betrachtungs-

zone und der zweiten Betrachtungszone eine weitere Betrachtungszone angebracht ist, deren dioptrische Brechkraft einen konstanten Wert hat, der zwischen den dioptrischen Brechkraften liegt, welche die angrenzenden Betrachtungszonen an ihrem entsprechenden Rand einnehmen.

7. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass unter der ersten Betrachtungszone (58) eine dritte Betrachtungszone (56) angebracht ist, in der der Scheitelbrechwert konstant ^{/ und} um weniger als 0,5 D größer ist als der Scheitelbrechwert an der angrenzenden Unterkante der ersten Betrachtungszone.

8. Brillenglas nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Scheitelbrechwert der dritten Betrachtungszone gleich dem Scheitelbrechwert an der angrenzenden Unterkante der ersten Betrachtungszone ist.

9. Brillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass unter der ersten Betrachtungszone (58) eine dritte Betrachtungszone (56) angebracht ist, deren Oberkante glatt an die Unterkante der ersten Betrachtungszone (58) übergeht und dass die dritte Betrachtungszone (58) in Querrichtung in zumindest drei nebeneinanderliegende Teile unterteilt ist, welche an die entsprechenden Teile der ersten Betrachtungszone (58) anschliessen, wobei der Mittelbereich der dritten Betrachtungszone (56) einen konstanten Scheitelbrechwert aufweist, der demjenigen an der Unterkante

709815/0861

te des Mittelteils der ersten Betrachtungszone entspricht.

10. Brillenglas nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenteile der dritten Betrachtungszone aus Flächen mit einer derartigen Krümmung bestehen, dass dort die Hauptachsen des Astigmatismus in vertikalen und horizontalen Ebenen liegen, so dass vertikale Linien in einem Objekt über den gesamten Rand des Gesichtsfeldes ohne Sprung gesehen werden.

11. Brillenglas nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche von jedem der beiden äusseren Seitenteile der dritten Betrachtungszone einen Teil einer Rotationsfläche enthält, deren Drehachse in der meridionalen Hauptebene liegt und vertikal verläuft.

12. Brillenglas nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Zwischenteile von asphärischer Wölbung zwischen den beiden äusseren Seitenteilen und dem Mittelteil der dritten Betrachtungszone angebracht sind, die einen glatten Übergang zwischen den äusseren Seitenteilen und dem Mittelteil bewirken.

13. Brillenglas nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzlinien zwischen dem mittleren Teil und den Zwischenteilen und die Grenzlinien zwischen diesen Teilen und den äussersten Seitenteilen Kur-

venpaare sind, die stetig die erste Betrachtungszone (58) und die dritte Betrachtungszone (56) durchsetzen.

14. Brillenglas nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzlinien parallel zur Ebene des Hauptmeridians (52) verlaufen.

15. Brillenglas nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das erstgenannte Kurvenpaar nach unten in einem geringeren Masse in Bezug auf die Ebene des Hauptmeridians divergiert und das zweite ebene Kurvenpaar in Bezug auf diese Ebene in stärkerem Masse divergiert.

16. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikale Vergrößerung an den äusseren Seitenbereichen der ersten Betrachtungszone oder der ersten und der dritten Betrachtungszone der vertikalen Vergrößerung an entsprechenden Stellen der meridionalen Hauptkurve entspricht.

17. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die meridionale Hauptkurve um etwa 10° gegenüber der Vertikalen geneigt ist.

18. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Scheitelbrechwert mit einer konstanten Änderungsrate längs der meridionalen Hauptkurve in der ersten Betrachtungszone ändert.

19. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Krümmung der beiden äussersten Seitenteile in der ersten oder in der ersten und der dritten Betrachtungszone die Beziehung

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = 0$$

gilt, wobei x und y die Koordinaten in Horizontal- bzw. Vertikalrichtung und f der Abstand der brechenden Flächen und der x-y-Ebene sind.

20. Brillenglas nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Begrenzungslinien zwischen den einzelnen Zonen und Teilen unsichtbar miteinander verschmolzen sind.

21. Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man einen der brechenden Oberfläche komplementären Block aus porösem keramischem Material herstellt, an dessen Rückseite ein Vakuum anlegt und eine hochpolierte Glasscheibe erwärmt und in die Höhlung des Keramikblocks eindrückt.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche, die dem Keramikblock angelegen hat, anschliessend poliert wird.

23. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche der Glasscheibe, die nicht mit dem Ke-

2644510

7

ramikblock in Berührung gestanden hat, als Giessform zur
Herstellung von Kunststoffgläsern verwendet wird.

709815/0861

Meine Akte: A 1106-D

München, 29. September 1976
Dr. D/So

American Optical Corporation
Southbridge, Massachusetts, U.S.A

Brillenglas und
Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brillenglas, dessen eine brechende Fläche durch eine sprungstellenfrei verlaufende meridionale Hauptkurve in zwei einander entsprechende seitliche Hälften unterteilt ist, bei dem diese brechende Fläche längs der meridionalen Hauptkurve umbilisch ist, mit einer Betrachtungszone, in der die Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptebene von der Oberkante dieser Betrachtungszone bis zu deren Unterkante kontinuierlich zunimmt, wobei diese Betrachtungszone in Querrichtung in zumindest drei Teile endlicher Breite unterteilt ist, von denen das Mittelteil von der meridionalen Hauptkurve mittig durchsetzt wird und die beiden äusseren Seitenteile aus Flächen mit einer derartigen Krümmung bestehen, dass dort die Hauptachsen des Astigmatismus in vertikalen und horizontalen Ebenen liegen, insbesondere nach Patentanmeldung P 24 39 127.3-51, sowie ein Verfahren zur Herstellung desselben.

Die DT-OS 24 39 127 beschreibt ein derartiges Brillenglas, das als Mehrstärkenbrillenglas mit zumindest zwei übereinanderliegenden Betrachtungszonen ausgebildet ist. Bei diesem bekannten Brillenglas wird in den äusseren Randteilen der Zwischenzone, in welcher die Brechkraft progressiv zunimmt und gegebenenfalls in den äusseren Randteilen einer Nahsichtzone eine schräge Verzeichnung dadurch behoben, dass bei der Berechnung der entsprechenden brechenden Oberfläche dafür Sorge getragen wird, dass die Punkte dieser Randteile eine bestimmte mathematische Beziehung erfüllen.

Der voerliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Brillenglas der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, bei dem eine gute Korrektion der Randbereiche bezüglich einer schrägen Verzeichnung auf einfache und besonders übersichtliche Weise bewirkt wird. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Oberfläche von jedem äusseren Seitenteil einen Teil einer Rotationsfläche enthält, deren Drehachse in der meridionalen Hauptebene liegt und vertikal verläuft.

Weitere Merkmale und Besonderheiten der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Besondere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind aus der folgenden Beschreibung an Hand der beiliegenden Zeichnung ersichtlich. Es zeigen:

- Fig. 1 eine isometrische Darstellung eines erfindungsgemässen Brillenglases;
- Fig. 2 einen Vertikalschnitt durch das erfindungsgemässe Brillenglas längs der vertikalen meridionalen Hauptkurve;
- Fig. 3 im linken Bereich eine Vorderansicht eines Brillenglases mit verschiedenen Betrachtungszonen und im rechten Bereich ein Diagramm das den Verlauf der Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptkurve veranschaulicht;

- Fig. 4 eine Darstellung zur Erläuterung der Konstruktion von einer Fläche mit kontinuierlich variierender Brechkraft entsprechend Fig. 3;
- Fig. 5 die Vorderansicht eines erfindungsgemässen Brillenglases, bei dem die Zwischenzone und die Nahbetrachtungszone in Seitenrichtung mehrfach unterteilt sind;
- Fig. 6 bis 11 Abbildungen eines quadratischen Netzwerks durch verschiedene Brillengläser, die Ausführungsformen und/oder Grenzfälle der Erfindung sind;
- Fig. 12 eine schematische Darstellung eines symmetrischen Brillenglases mit kontinuierlich variierender Brechkraft, das um 10° aus der Vertikalen verdreht ist, um dem bei der Betrachtung naher Objekte geringeren Pupillenabstand Rechnung zu tragen;
- Fig. 13 eine schematische Darstellung eines Paares erfindungsgemässer Brillengläser, bei denen eine Kompensation der durch die Drehung der meridionalen Hauptkurve um 10° aufgetretenen schrägen Verzeichnung vorgenommen ist.
- Fig. 14 A bis 14 C Beispiele für den Verlauf der Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptebenen für verschiedene Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen Brillengläser, bei denen Diskontinuitäten der Brechkraft an den Grenzflächen der Zwischenzone mit der Fernsichtzone und/oder der Nahbetrachtungszone vorgesehen sind.
- Fig. 15 Eine Tabelle, die den Einfluss der Diskontinuitäten der Scheitelbrechkraft veranschaulicht.
- Fig. 16 und 17 Bilder eines quadratischen Netzwerks bei einer Betrachtung mit Brillengläsern mit kontinuierlich variierender Brechkraft wobei in Fig. 16 keine, und in Fig. 17 Diskontinuitäten an den Begrenzungen der Zwischenzone angebracht sind.
- Fig. 18 Die Vorderansicht eines Brillenglases, bei dem endliche Diskontinuitäten der Scheitelbrechkraft an den Begrenzungen der Zwischenzone verschmolzen sind, um diese unauffällig zu machen.

- Fig. 19 Eine perspektivische Ansicht von einem erfindungsgemässen Brillenglas, bei dem die Oberflächen der äusseren Seitenteile von Teilen einer Rotationsfläche gebildet sind;
- Fig. 20 Eine Vorderansicht von einer Giessform oder einem Block zur Epläuterung von deren konkaver Oberfläche;
- Fig. 21 Ein Zahlenbeispiel für die Oberflächengestalt eines Blockes zur Herstellung eines erfindungsgemässen Brillenglases;
- Fig. 22 Das Bild eines Netzwerks bei einer Betrachtung durch ein erfindungsgemässes Brillenglas, bei dem im Vergleich zu der Fig. 17 zugrundeliegenden Ausführungsform eine weitere Korrektur der schrägen Verzeichnung und eine Glättung vorgenommen ist.
- Fig. 23 Ein Zahlenbeispiel für die Oberflächengestalt eines Blocks, der zur Herstellung einer Giessform verwendet wird, mittels der Brillengläser gegossen werden, die den aus Fig. 22 ersichtlichen Korrektionszustand aufweisen.

In Fig. 1 bezeichnet 10 ein Brillenglas, dessen Brechkraft kontinuierlich variiert. Das Brillenglas besteht aus einem optischen Werkstoff, der eine gleichmäßige Brechzahl hat, z.B. aus einem optischen Glas oder einem durchsichtigen Kunststoff, wie einem Methylmethacrylat, einem Polycarbonat oder DR-39, einem Allyldiglykolcarbonat. Die kontinuierlich variierende Brechkraft wird dadurch erzielt, daß die eine seiner brechenden Flächen asphärisch ist. Im allgemeinen ist die asphärische Oberfläche des Brillenglases dessen Vorderfläche, die eine konvexe Krümmung hat. Der Hauptgrund für diese Wahl liegt darin, daß übliche Schleif- und Poliermaschinen so ausgebildet sind, daß sie eine sphärische oder eine toroidale Oberfläche entsprechend dem Brillenrezept für den speziellen Benutzer auf der Rückseite des Brillenglases erzeugen. Aus diesem Grunde wird im Folgenden davon ausgegangen, daß die nichtsphärische Oberfläche an der Vorderseite des Brillenglases vorgesehen ist, obwohl dies kein unvermeidbares Merkmal ist.

Das Brillenglas 10 ist in Fig. 1 räumlich in derjenigen Lage dargestellt, in der es vom Brillenträger verwendet wird, wobei die asphärische Oberfläche eine erste Vertikalebene 12 im Punkt 14, der geometrischen Mitte des Brillenglases berührt. Eine zweite Vertikalebene 16 verläuft senkrecht zur vorgenannten Vertikalebene 12, durchsetzt das Brillenglas 10 im Punkt 14, und teilt damit die Linse in zwei symmetrische Hälften. Die Vertikalebene 16 wird nachstehend als vertikale meridionale Hauptebene bezeichnet. Die vertikale meridionale Hauptebene 16 schneidet die asphärische Oberfläche des Brillenglases 10 in einer ebenen Kurve 18, die als meridionale Hauptkurve bezeichnet ist.

Damit das Brillenglas 10 in der erwünschten Weise wirkt, muß die meridionale Hauptkurve 18 stetig sein und eine kontinuierlich variierende Neigung haben. Die erste Bedingung stellt sicher, daß sich keine sichtbare Diskon-

709815/0861

tinuität auf der Linsenoberfläche längs der meridionalen Hauptkurve ergibt. Die zweite Bedingung stellt sicher, daß sich kein Bildsprung ergibt, wenn die S hrichtung des Brillenträgers vertikal längs der meridionalen Hauptkurve wandert. Die Krümmung der meridionalen Hauptkurve 18 nimmt nach unten von einem der Akkomodation auf ein entferntes Objekt entsprechenden Wert zu einem der Akkomodation auf ein nahes Objekt entsprechenden Wert zu. Entsprechend den Erfordernissen des in Frage kommenden Typs kann die Differenz zwischen dem oberen und dem unteren Grenzwert der Scheitelbrechkraft beträchtlich sein. Dieser Unterschied in der Scheitelbrechkraft wird in dieser Anmeldung als "Add" bezeichnet.

Der Absolutbetrag dieser Scheitelbrechkraft-Differenz kann variieren und hängt von der beim Brillenträger noch vorhandenen Akkomodationsfähigkeit ab. Auch die Änderungsrate der Scheitelbrechkraft auf der meridionalen Hauptkurve 18 kann unterschiedlich sein. So kann die Änderung der Scheitelbrechkraft über einen sehr geringen Teil der meridionalen Hauptkurve erfolgen, oder aber auch über die gesamte Länge derselben.

Zweckmäßig wird das Brillenglas so gewählt, daß auf der meridionalen Hauptkurve 18 der Astigmatismus verschwindet. Der Astigmatismus wird normalerweise für einen Punkt einer brechenden Fläche und für zwei zueinander senkrechte und sich schneidende Ebenen definiert, die im Punkt die Normale auf der brechenden Fläche durchsetzen. Die eine, nämlich die sagittale Ebene, ist durch den minimalen Krümmungsradius der brechenden Fläche bestimmt, die zweite, nämlich die meridionale Ebene, durch den maximalen Krümmungsradius der brechenden Fläche in diesem Punkt. Das Maß des Astigmatismus für irgendeinen

Punkt der brechenden Fläche des Brillenglases wird durch die Differenz der Scheitelbrechkraften in der sagittalen und in der meridionalen Ebene an diesem Punkt bestimmt. Die Krümmungen an irgendeinem Punkt der brechenden Linsenfläche in der sagittalen bzw. in der meridionalen Ebene werden üblicherweise als Hauptkrümmungen in dem jeweiligen Punkt bezeichnet. Dieser Astigmatismus kann als "inhärenter Astigmatismus" bezeichnet werden, im Unterschied zu dem Astigmatismus, der auftritt, wenn eine sphärische Fläche von Lichtstrahlen beleuchtet wird, welche auf die Oberfläche unter einem schrägen Einfallswinkel auftreffen.

Längs der vertikalen meridionalen Hauptkurve 18 ist die brechende Oberfläche umbilisch, d.h. in jedem Punkt ist nur ein Krümmungsradius vorhanden. Wenn r den Krümmungsradius der meridionalen Hauptkurve im Punkt Q bezeichnet, und n die Brechzahl des Linsenwerkstoffes, so ergibt sich, wenn die Hauptkrümmungen der Fläche im Punkt Q gleich sind, die Scheitelbrechkraft P_Q durch folgende Beziehung:

$$P_Q = \frac{n - 1}{r} .$$

In Fig. 2 ist ein Schnitt durch das Brillenglas 10 längs der vertikalen meridionalen Hauptebene 16 gezeigt. Der Ort der Krümmungszentren der meridionalen Hauptebene 18 besteht aus einer kontinuierlichen ebenen Kurve 22, der Evolute der meridionalen Hauptkurve, die ebenfalls in der meridionalen Hauptebene liegt. Zu jedem Punkt Q der meridionalen Hauptkurve 18 gehört ein Punkt q auf der Evolute. Der Radiusvektor 20, der zwei derartige Punkte miteinander verbindet, steht senkrecht zur meridionalen Hauptkurve 18 im Punkt Q und tangiert die Evolute 22 im Punkt q.

709815/0861

Ein typisches Beispiel eines Brillenglases mit kontinuierlich variierender Brechkraft ist in Fig. 3 gezeigt. Das Brillenglas 30 besteht aus drei Betrachtungszonen 32, 36 und 34. Auch hier schneidet die meridionale Hauptkurve 18 die Linse in Vertikalrichtung. Die obere Betrachtungszone 32 hat eine konstante Scheitelbrechkraft, die so bemessen ist, daß sie sich zur Betrachtung entfernter Objekte eignet. Die Oberfläche der Betrachtungszone 32 ist beispielsweise sphärisch. Die untere Betrachtungszone 34 des Brillenglases hat ebenfalls eine konstante Scheitelbrechkraft und ist so bemessen, daß sie sich zur Betrachtung naher Objekte eignet. Zwischen den Betrachtungszonen 32 und 34 liegt eine Zwischenzone 36, die einen allmählichen optischen Übergang zwischen den Betrachtungszonen 32 und 34 bildet. Dementsprechend variiert die Scheitelbrechkraft hier zwischen einem ersten Wert an der Oberkante der Betrachtungszone 36 und einem zweiten, höheren Wert an der Unterkante dieser Zone. Dies entspricht der Forderung, daß die Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptkurve nach unten zunimmt.

Die Höhe der Zwischenzone 36 ist mit h bezeichnet. Das in Fig. 3 rechts gezeigte Diagramm stellt das Brechkraftverhalten für das Brillenglas 30 dar. Dieses Diagramm zeigt drei lineare Abschnitte 38, 40 und 42, die den Betrachtungszonen 32, 34 und 36 längs der meridionalen Hauptkurve 18 entsprechen. Der Abschnitt 38 gibt die konstante Scheitelbrechkraft der Betrachtungszone 32 wieder, der Abschnitt 40 die konstante Scheitelbrechkraft der Zone 34. Die Scheitelbrechkraft des Abschnittes 40 ist größer als diejenige des Abschnittes 32. Der schräg verlaufende Abschnitt 42 bezeichnet die Scheitelbrechkraft der Zwischenzone 36 und entspricht einer konstanten Änderung. Das in Fig. 3 gezeigte Diagramm gibt ein häufig bei Brillengläsern zur Anwendung kommendes Brech-

709815/0861

kraftverhalten wider. Die Höhe h kann unterschiedlich sein und sich gegebenenfalls über die gesamte Linsenhöhe erstrecken.

Die Scheitelbrechkraft ändert sich gemäß dem Diagramm von Fig. 3 linear innerhalb der Zwischenzone. Eine derartige lineare Änderung ist jedoch nicht notwendig, so daß man im Diagramm einen beliebigen, den jeweiligen Bedingungen entsprechenden Verlauf in der Zwischenzone erhalten kann. Die Kurve sollte jedoch in der Zwischenzone einen kontinuierlichen Verlauf haben, auch wenn geringere Diskontinuitäten nicht ausgeschlossen sind.

Die grundsätzliche Konstruktion einer Linsenfläche entsprechend Fig. 3 ist in Fig. 4 gezeigt. Die Oberfläche mit kontinuierlich variiertter Brechkraft wird durch einen Kreisbogen C von variablem Radius und konstanter Neigung erzeugt, der nacheinander sämtliche Punkte Q der meridionalen Hauptkurve durchsetzt. Die Achse aa' des erzeugenden Kreises liegt in der meridionalen Hauptebene und bildet einen konstanten Winkel mit der Vertikalen. Der Radius des erzeugenden Kreises, der einen bestimmten Punkt Q durchsetzt, ist dadurch bestimmt, daß seine Achse durch den betreffenden Punkt q der Evolute 22 verläuft. Der Radius des erzeugenden Kreises ist gleich der Länge des Abschnitts QR gemäß Fig. 4.

Es läßt sich zeigen, daß in Anbetracht dieser Konstruktion die Hauptkrümmungen in jedem Punkt der meridionalen Hauptkurve gleich sind. Es ist daher die Oberfläche umbilisch und frei von Astigmatismus in den Punkten der meridionalen Hauptkurve.

Es ist zweckmäßig, die Verzeichnung einer brechenden Fläche durch das Bild zu beschreiben, das man bei Be-

trachtung eines quadratischen Netzwerks durch die Fläche erhält. Dieser Test gibt, wenn nicht vollständig, so doch in recht guter Annäherung den optischen Eindruck wieder, den der Brillenträger mit einem solchen Brillenglas erhält.

Es können üblicherweise zwei Verzeichnungen unterschieden werden: normale und schräge Verzeichnung. Die normale Verzeichnung entspricht einer unterschiedlichen Bildvergrößerung in zwei zueinander senkrechten Richtungen parallel zu den Linien des Netzwerks. Die schräge Verzeichnung entspricht einem Abweichen von der Orthogonalität der ursprünglichen Netzlinien. Es sei angenommen, daß ein einziges Quadrat eines solchen Netzwerkes durch einen kleinen Flächenteil eines Brillenglases betrachtet wird. Wenn die Hauptachsen des Astigmatismus in dem Flächenteil der Linse parallel zu den Geraden des Netzwerks liegen, zeigt das erhaltene Bild eine rein normale Verzeichnung, d.h. das Bild des Netzquadrats wird rechteckig, wobei die Seiten parallel zu denen des Quadrats liegen. Wenn die Hauptachsen des Astigmatismus in dem Flächenteil der Linse den rechten Winkel zwischen den entsprechenden orthogonalen Netzlinien durchsetzen, weist das Bild eine schräge Verzerrung auf, d.h. das Bild des Quadrats wird ein gleichseitiges Parallelogramm. Im allgemeinen Fall, wenn die Hauptachsen des Astigmatismus eine beliebige Orientierung in bezug auf die Linien des das Objekt bildenden Netzwerks haben, wird das Bild eines Quadrats eine Kombination zwischen normaler und schräger Verzeichnung, d.h. das Bild wird ein Parallelogramm von ungleichen Seitenlängen.

Von den vorgenannten beiden Verzeichnungstypen ist die schräge Verzeichnung bei der Anwendung als Brillenglas weit mehr zu beanstanden. Dort bedingt eine schräge Verzeichnung für den Brillenträger den Eindruck des Schwankens und Schaukelns in bezug auf die Umgebung. Dies hat

709815/0861

eine mangelnde Orientierung und ein Unbehagen des Brillenträgers zur Folge. Die bisherigen umbilischen Brillengläser mit variierender Brechkraft waren entweder bezüglich der schrägen Verzeichnung vollständig unkorrigiert oder sie waren bezüglich dieser nur teilweise korrigiert oder sie hatten einen Lesebereich, der für eine allgemeine Verwendung zu gering war.

Der bei einer brechenden Fläche im Falle einer linearen Änderung der Scheitelbrechkraft auftretende Astigmatismus ändert sich in seitlicher Richtung doppelt so schnell wie die Zunahme der Brechkraft längs der meridionalen Hauptkurve. Sofern daher nicht eine Korrektur oder Kompensation für die Verzeichnung in den Randgebieten eines Brillenglases mit kontinuierlich variierender Brechkraft vorgenommen wird, muß zwangsläufig eine beträchtliche Verzeichnung vorliegen. Bei dem Brillenglas gemäß Fig. 3 bilden z.B. die Hauptachsen des Astigmatismus einen Winkel von 45° in bezug auf die Horizontal- und die Vertikalrichtung des Gesichtsfeldes innerhalb der Übergangszone 36. Daher gibt das Brillenglas Anlaß zu einer beträchtlichen normalen und schrägen Verzeichnung in den Randgebieten der Übergangszone 36.

Wie oben erläutert, lassen sich in brechenden Flächen mit kontinuierlich variierender Brechkraft wegen des Astigmatismus Verzeichnungen nicht ausschließen. Die vorliegende Erfindung zeigt jedoch einen Weg, nach dem es möglich wird, eine Brillenglasfläche zu konstruieren, die in den Randgebieten in bezug auf die schräge Verzeichnung vollständig korrigiert ist. Dies bedeutet, daß die Hauptachsen des Astigmatismus in den Randgebieten bezüglich des Gesichtsfeldes in der Horizontal- bzw. der Vertikalebene liegen müssen, so daß nur eine normale Verzeich-

709815/0861

nung in diesen Randgebieten auftritt. Eine normale Verzeichnung ist weit weniger zu beanstanden als eine schräge Verzeichnung. Auf dieser Erkenntnis beruht ein wesentliches Merkmal der Konstruktion eines Brillenglases mit kontinuierlich variierender Brechkraft.

Die Korrekitionsbedingung für schräge Verzeichnung in den Randgebieten einer brechenden Fläche wird dadurch erreicht, daß dort die Oberfläche aus Teilen einer Rotationsfläche gebildet wird, deren Drehachse in der meridionalen Hauptebene liegt und vertikal verläuft.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsform des erfindungsge-
mäßigen Brillenglases gezeigt. Die meridionale Hauptkurve 52 teilt das Brillenglas vertikal in zwei Teile. Auch hier besteht das Brillenglas 50 aus drei übereinander geordneten Betrachtungszonen 54, 58 und 56. Die oberste Betrachtungszone 54 ist durch eine brechende Fläche gebildet, die eine konstante Scheitelbrechkraft hat und für eine Betrachtung entfernter Objekte dient. Die untere Betrachtungszone 56 hat in ihrem Mittelbereich eine andere, höhere Scheitelbrechkraft, die der Betrachtung naher Objekte angepaßt ist. Die Zwischenzone 58 zwischen der Nahbetrachtungszone 56 und der Fernbetrachtungszone 54 bildet den Übergang zwischen den Brechkräften. Die Konstruktion des Brillenglases in den Teilen, die nahe der meridionalen Hauptkurve liegen, wurde bereits in Fig. 3 erläutert. Das Diagramm, welches das Brechkraftverhalten der meridionalen Ebene wiedergibt, entspricht im wesentlichen dem von Fig. 3.

Es sind jedoch in der Übergangszone 58 und der für die Betrachtung naher Objekte vorgesehenen Betrachtungszone 56 die brechenden Flächen des Brillenglases seitlich in fünf Unterflächen unterteilt. Die Trennungslinien zwischen diesen Unterflächen AB, CD, A'B' und C'D' sind in bezug

auf Form und Lage willkürlich gewählt. In der Figur sind diese Trennungslinien symmetrisch in bezug auf die meridionale Hauptkurve 52 gewählt, dies ist jedoch nicht wesentlich. Bei der gezeigten Ausführungsform sind die Linienzüge A'F'B' bzw. C'D' spiegelbildlich zu den Linienzügen AFB und CD in bezug auf die meridionale Hauptkurve 52. Die mittlere Fläche A'AFF' ist so gewählt, daß sie einem Brillenglas mit kontinuierlich variierender Brechkraft entspricht.

Die Randbereiche der brechenden Fläche CDE und C'D'E' sind so gewählt, daß sie sich kontinuierlich an die obere Betrachtungszone 54 längs den Linien CE und C'E' anschließen. Eine optisch kontinuierliche Verbindung ist dadurch erzielt, daß die gesamte Fläche des Brillenglases glatt und stoßstellenfrei ist. In jedem Punkt der Fläche CDE und C'D'E' liegen entsprechend den obigen Ausführungen die Hauptachsen des Astigmatismus in horizontalen und vertikalen Ebenen. Es ergibt sich daher, daß, wenn man durch diese Randflächenanteile des Brillenglases sieht, die horizontalen und die vertikalen Linien innerhalb des Gesichtsfeldes nicht einer schrägen Verzerrung unterliegen. Wenn man durch den Rand des Brillenglases eine vertikale Linie betrachtet, so bleibt diese vertikal und weist keinen Sprung in der gesamten Höhe des Randteils des Brillenglases auf. Eine vertikale Linie erscheint daher in den Randpartien der Fernbetrachtungszone als vertikale Linie und setzt sich ungebrochen in die Zwischenzone 54 und in die Nahbetrachtungszone 56 fort.

Die Zwischenteile ABDC und A'B'D'C' sind Flächenteile, welche eine optische Verschmelzung mit dem Mittelteil des Brillenglases bewirken und den Übergang für die Kor-

709815/0861

rektur der schrägen Verzeichnung in den Randpartien bilden; sie bewirken somit einen glatten Übergang zwischen diesen Flächenteilen unterschiedlicher optischer Funktionen. Die spezielle Wahl der brechenden Oberfläche in diesen Zwischenteilen hängt von einer großen Anzahl von Faktoren ab. Sie berücksichtigen die für das Brillenglas maßgebliche Brechkraftzunahme in der Zwischenzone, die Gesamtbreite des Brillenglases und die Höhe der Zwischenzone 58.

Es wurde bereits erläutert, daß die Hauptachsen des Astigmatismus in Ebenen liegen, die unter 45° zur Vertikalrichtung im Mittelteil kontinuierlich variieren. Der Brechkraft liegen, wenn in diesem sich die Brechkraft längs der meridionalen Hauptebene linear ändert. Die Hauptachsen des Astigmatismus liegen in den äußeren Seitenteilen CDE und C'D'E' in Vertikal- und Horizontalebenen. D.h., die Verzeichnung in dem Mittelteil ist eine reine Schrägverzeichnung und in den äußeren Seitenteilen eine reine Normalverzeichnung. Die Zwischenteile ABDC und A'B'D'C' haben asphärische Flächen, die dem Zweck dienen, die Orientierung der Hauptachsen des Astigmatismus auf die anderen Teile stetig zu transformieren, so daß Diskontinuitäten weder in die Oberfläche noch in das erzeugte Bild eingebracht werden. Die Breite dieser Zwischenteile ist unterschiedlich und kann im Grenzfall Null sein. Im Extremfall umfaßt die Erfindung daher auch Fälle, bei denen nur die Mittelteile und die äußeren Seitenteile der brechenden Oberfläche vorhanden sind.

709815/0861

In den Figuren 6 - 11 ist dargestellt, wie sich unterschiedliche Ausgestaltungen der Oberflächen eines Brillenglases bei der Betrachtung eines quadratischen Netzwerks durch dieses bezüglich der Verzeichnung auswirken. Es sind nur die halben Flächen in den Figuren wiedergegeben, da die anderen Hälften im wesentlichen jeweils gleich sind.

Im Falle von Fig. 6 haben die äußeren Seitenflächen der Übergangszone und der Nahbetrachtungszone eine sphärische Krümmung mit gleichem Radius und mit gleichem Mittelpunkt wie die eine konstante Brechkraft aufweisende Fernbetrachtungszone. Dies entspricht dem Grenzfall bzw. einer Extrapolation der Erfindung, in dem die zuvor behandelten Eigenschaften der äußeren Seitenteile dadurch erfüllt werden, daß eine Fortsetzung der oberen sphärischen Fläche bis zur unteren erfolgt. Dementsprechend ergibt sich keine Verzeichnung bzw. kein Astigmatismus in diesen Randpartien des Brillenglases. Dagegen enthalten die den Übergang bildenden Zwischenteile zwischen dem Mittelteil, das eine kontinuierlich variierende Brechkraft aufweist, und den äußeren Seitenteilen eine erhebliche Verzeichnung, wenn die Betrachtung des Netzwerks durch diese Teile erfolgt.

Im Falle von Fig. 7 ist die brechende Fläche des Brillenglases so ausgebildet, daß eine Änderung der Vergrößerung in Vertikalrichtung in den äußeren Seitenteilen des Brillenglases gleich der Änderung der Vergrößerung längs der meridionalen Hauptkurve ist. Dementsprechend ist die Verzeichnung derart, daß eine horizontale Linie des quadratischen Netzwerks bei Betrachtung durch das Brillenglas das gleiche Niveau bzw. die gleiche Höhe am Rand aufweist wie auf der meridionalen Hauptkurve. Der Astigmatismus, der sich an jeder Höhe der äußeren Seitenteile

709815/0861

ergibt, ist gleich dem Brechkraftzuwachs, d.h. dem "Add-Maß" auf der meridionalen Hauptkurve in gleicher Höhe. Die durch die Zwischenteile, zwischen den Mittelteilen und den äußeren Seitenteilen des Brillenglases erzeugte Verzeichnung ist wesentlich geringer als im Fall von Fig. 6.

Fig. 8 zeigt einen Grenzfall der Erfindung, bei dem die Breite der dem Zweck der Verschmelzung dienenden Zwischenteile praktisch Null ist. Die abwärts gewölbten Linien der Zwischenzone kontinuierlich variierender Brechkraft werden un stetig horizontal im äußeren Seitenteil abgelenkt. Eine derartige Konstruktion eines Brillenglases minimiert die Fläche, bei der die nachteilige Schrägverzeichnung auftritt. Sie hat auch den Vorteil, daß die Breite der sphärischen Nahbetrachtungszone, wie sich durch die vergrößerten Quadrate des quadratischen Netzwerks ergibt, in bezug auf die früheren Beispiele vergrößert ist.

Im Fall von Fig. 9 ist das Brillenglas so gewählt, daß die horizontalen Linien des Netzwerks bei Betrachtung durch die Zwischenzone glockenförmig gebogen erscheinen. Die seitlichen, der optischen Verschmelzung dienenden Zwischenteile sind hierbei notwendigerweise breit, und die Oberfläche innerhalb dieser Zwischenteile ist so gewählt, daß sich möglichst glatte optische Effekte ergeben, wenn die Blickrichtung von der Mitte des Brillenglases zur Seite abgelenkt wird.

Ein Brillenglas, das zu dem Bild gemäß Fig. 10 führt, ist dem bei Fig. 9 verwendeten Brillenglas sehr ähnlich, mit der Ausnahme, daß die äußeren Seitenteile in der

Nahbetrachtungszone etwas anders gewählt sind, um die Zusammendrängung der horizontalen Linien in der Nähe der unteren Grenze der Zwischenzone des Brillenglases zu verringern, wie dies in Fig. 9 in Erscheinung tritt. Man erkennt aus Fig. 10, daß ein gewisser Betrag von schräger Verzeichnung absichtlich in den unteren Teil der Nahbetrachtungszone eingebracht ist, um diesen Zusammendrängungseffekt zu verringern. Wenn auch diese Erscheinung zunächst als ein gewisser Nachteil der optischen Wiedergabe in Fig. 10 erscheint, so ist doch zu beachten, daß ein Brillenglas beim Einpassen in die üblichen Brillengestelle an seinen Ecken zugeschnitten werden muß, wobei der größte Teil an den Ecken des Netzwerkes von Fig. 10 beim Einschleifen wegfällt. Daher ist der in Fig. 10 auftretende Anteil der schrägen Verzeichnung nicht weiter zu beanstanden.

Bei den Brillengläsern der Fig. 6 - 10 wurde angenommen, daß die für die Zwecke der Verschmelzung vorgesehenen Zwischenteile ABCD und A'B'C'D' vertikale Begrenzungslinien haben. Wie jedoch bereits in Zusammenhang mit Fig. 5 erläutert wurde, müssen diese Begrenzungslinien nicht unbedingt vertikal sein, und es ergeben sich spezielle Vorteile bei nichtvertikaler Anordnung dieser Begrenzungslinien. Als Beispiel für das Bild eines derart konstruierten Brillenglases wird Fig. 11 angeführt. Hier divergieren die Trennungslinien, die durch die eingezeichneten Strichlinien angedeutet sind, zum unteren Rand des Brillenglases. Eine solche Anordnung bietet den Vorteil, daß man eine minimale Verzeichnung in der oberen Hälfte der Zwischenzone erreicht und gleichzeitig ein hinreichend weites Bildfeld konstanter Brechkraft in der Nahbetrachtungszone erzielt.

Aus Vorstehendem ist ersichtlich, daß man gegenüber den bisher bekannten Ausführungsformen in gewissem Umfang auf eine scharfe Bildwiedergabe in den Randpartien der Nahbetrachtungszone verzichtet, um Schrägverzeichnungen in den Randpartien der Zwischenzone des Brillenglases zu korrigieren. Dies wird erreichbar, während es gleichzeitig gelingt, eine konstante Scheitelbrechkraft in der Nahbetrachtungszone des Brillenglases in annehmbarem Umfange aufrechtzuerhalten.

Bisher wurden nur Brillengläser erörtert, die in bezug auf die vertikale meridionale Hauptebene symmetrisch sind. Vom Gesichtspunkt der Lagerhaltung ist eine solche vollständige Symmetrie der Brillengläser sehr wichtig, denn bei entsprechender Markierung kann ein symmetrischer Brillenglasrohling sowohl als Brillenglas für das rechte, wie auch für das linke Auge verwendet werden. Funktionsmäßig betrachtet ist es jedoch vorzuziehen, verschiedene Brillengläser mit kontinuierlich variierender Brechkraft für das linke und das rechte Auge herzustellen. Die sich dann ergebenden Brillengläser sind unsymmetrisch und tragen dem Umstand Rechnung, daß der Pupillenabstand des menschlichen Auges sich bei einer Änderung der Akkomodation von entfernten Objekten auf nahe Objekte verringert. Wenn man daher symmetrische Brillengläser für einen Patienten montiert, sollte die meridionale Hauptkurve der Symmetrie um etwa 10° in bezug auf die Vertikale geneigt sein, um für die Nahbetrachtungszone eine wirksame Vorgabe zu haben. Dieses Verdrehen des Brillenglases um 10° um die Glasmitte wirkt sich derart aus, daß die Sehrichtung stets die vertikale meridionale Hauptkurve bei Betrachtung von Objekten aller Entfernungen durchsetzt.

709815/0861

Wenn jedoch das Brillenglas gedreht ist, sind die Hauptachsen des Astigmatismus im Randteil des symmetrisch in bezug auf Schrägverzeichnung korrigierten Brillenglases nicht mehr mit der Horizontal- und Vertikalrichtung des Blickfeldes ausgerichtet. Insbesondere, wenn es sich um Brillengläser mit höheren "Add"-Werten handelt, kann dies zu einer störenden schrägen Verzeichnung an den Randpartien des Brillenglases führen. Fig. 12 zeigt bei einem Brillenglas die Orientierung der Hauptachsen des Astigmatismus an verschiedenen Stellen, wenn das Brillenglas um 10° gedreht ist. Zur Vermeidung dieses Nachteils werden die äußeren Seitenteile der Zwischenzone und der Nahbetrachtungszone so abgeändert, daß dann, wenn die meridionale Hauptkurve etwa 10° gegenüber der Vertikalen geneigt ist, die Hauptachsen des Astigmatismus in diesen Seitenteilen mit der Horizontal- bzw. der Vertikalrichtung des Blickfeldes übereinstimmen. Die die Verschmelzung bewirkenden Zwischenteile sind ebenfalls so abgewandelt, daß sich eine glatte optische Korrektion zwischen den Mittelteilen und den äußeren Seitenteilen ergibt. Die Fernbetrachtungszone und die Mittelteile der Zwischenzone, sowie der Nahbetrachtungszone bleiben unverändert, wie bei der vorher erläuterten symmetrischen Konstruktion. Fig. 13 zeigt die Orientierung der Hauptachsen des Astigmatismus an verschiedenen Stellen bei einem rechten und einem linken Brillenglas, bei denen der Abnahme des Pupillenabstands bei der Betrachtung naher Objekte Rechnung getragen wurde.

Die apparativen Schwierigkeiten bei der Herstellung asphärischer Linsenoberflächen bedingten bisher gewisse Beschränkungen hinsichtlich der Konstruktion eines Brillenglases, da jeweils eine spezielle exakte Vorrichtung zur Erzeugung einer Sorte Brillengläser notwendig war.

709815/0861

Diese Nachteile treten bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Brillengläser nicht auf, wenn man hierzu das im folgenden beschriebene Verfahren verwendet.

Zunächst wird beispielsweise eine numerisch steuerbare Schleifmaschinen so programmiert, daß sie einen zu der brechenden Oberfläche komplementären porösen keramischen Block herstellt. Nach Bildung der komplementären Fläche wird an die Rückseite der Oberfläche des Keramikblocks ein Vakuum angelegt, und es wird eine hochpolierte Glasscheibe erwärmt und in die Höhlung des Keramikblocks eingedrückt. Dieses Glas kann dann poliert werden, um auf einem Brillenglasrohling unmittelbar die brechende Fläche zu erhalten. Andererseits kann auch die andere Seite der Glasscheibe, die nicht mit dem Keramikblock in Kontakt gelangt, verwendet werden, um als Formfläche zum Gießen von Kunststoffbrillengläsern zu dienen.

Die erfindungsgemäßen Brillengläser sind selbstverständlich auch direkt herstellbar. Die vorbeschriebene Gießtechnik hat jedoch demgegenüber verschiedene Vorteile. Ein wesentlicher Vorteil beruht darin, daß Brillengläser herstellbar sind, die im Preis den bisher hergestellten Glasbrillengläsern entsprechen. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Glasscheibe, die in den Keramikblock eingedrückt wird, eine vorbestimmte Dicke hat. Diese vorbestimmte Dicke zeigt das Bestreben, örtliche Diskontinuitäten, die sich in der Fläche ausbilden, optisch zu verschmelzen, beispielsweise Diskontinuitäten, die sich zwischen aufeinanderfolgenden Schnitten des Schleifwerkzeugs der Maschine einstellen. Das sich ergebende Brillenglas hat dann optisch glatte brechende Flächen hoher Güte.

Es läßt sich zeigen, daß, wenn in der Zwischenzone die Scheitelbrechkraft linear zunimmt, wie es in dem Diagramm von Fig. 3 gezeigt ist, der Astigmatismus in senkrechter Richtung zu der vertikalen meridionalen Hauptkurve doppelt so schnell zunimmt wie die Scheitelbrechkraft längs der vertikalen meridionalen Hauptkurve. Wenn der "Add"-Wert mit B bezeichnet wird und die Höhe der Übergangszone h ist, dann ist der Astigmatismus A in einem Abstand |y| von der meridionalen Hauptkurve durch die folgende Beziehung gegeben:

$$A = 2 \cdot \frac{B}{h} \cdot |y| .$$

Als "Kanalbreite klarer Sicht" w kann ein Bereich der Zwischenzone definiert werden, der rechts und links durch Linien begrenzt ist, bei denen ein Astigmatismus von 1 D auftritt. Es ist bekannt, daß bei einem Astigmatismus von 1,0 D die Sehschärfe etwa auf die Hälfte zurückgeht. Bei B = 2,0 D und h = 10 mm ist die Kanalbreite klarer Sicht w = 5,0 mm. Aus diesem Beispiel ist ersichtlich, daß für die Eigenschaft einer kontinuierlich variierenden Brechkraft in der Zwischenzone technisch ein hoher Preis zu entrichten ist. Die Sehschärfe in der Zwischenzone ist somit mit Ausnahme eines schmalen Mittelbereiches sehr gering, wobei dessen Breite im wesentlichen durch die Höhe h der Zwischenzone und den "Add"-Wert bestimmt ist.

Der Nachteil einer geringen Kanalbreite klarer Sicht kann zum Teil dadurch gemindert werden, daß man die kontinuierliche Änderung der Scheitelbrechkraft mit endlichen Brechkraftdiskontinuitäten an einer oder an beiden Begrenzungen zwischen der Zwischenzone und der Fernsichtzone bzw. Nahsichtzone kombiniert. Die ausgezogenen

Kurven in dem Diagramm der Fig. 14 A, 14 B und 14 C zeigen Möglichkeiten für derartige Diskontinuitäten. Fig. 14 A zeigt eine Diskontinuität der Scheitelbrechkraft lediglich an der oberen Begrenzung der Zwischenzone. Fig. 14 B zeigt den umgekehrten Fall, bei dem eine Brechkraft-Diskontinuität an der unteren Begrenzung der Zwischenzone vorgesehen ist. Fig. 14 C zeigt Diskontinuitäten an der oberen und an der unteren Begrenzung der Zwischenzone. In allen drei Fällen deutet eine strichelierte Linie eine Zunahme der Scheitelbrechkraft an, die einem gleichen "Add"-Wert B, ohne die genannten Diskontinuitäten an den Begrenzungen entspricht.

Die in Fig. 14 A - C aufgezeigten Maßnahmen dienen dem gleichen Zweck, den Brechkraftunterschied in der Zwischenzone zu überbrücken und die Kanalbreite klarer Sicht zu erweitern. Wenn man die Brechkraft-Diskontinuitäten mit b_1 und b_2 bezeichnet, so ist der Astigmatismus in der Zwischenzone durch folgende Beziehung gegeben:

$$A = 2 \frac{(B - b_1 - b_2)}{h} |y| .$$

Unter der Annahme $B = 2,0 D$, $h = 10 \text{ mm}$ und $b_1 = b_2 = 0,5 D$, ergibt sich für die Kanalbreite klarer Sicht $w = 10 \text{ mm}$. Dies bedeutet eine Verbesserung um 100 %, verglichen mit dem zuvor betrachteten Fall, bei dem $b_1 = b_2 = 0$ war. Fig. 15 gibt die Kanalbreite klarer Sicht für verschiedene "Add"-Werte B bei einer Gesamt-Scheitelbrechkraft der Diskontinuitäten ($b_1 + b_2$) wieder. Die untere Zahl bezeichnet den prozentualen Zuwachs von w in Abhängigkeit von der Kanalbreite klarer Sicht bei kontinuierlicher Änderung der Scheitelbrechkraft.

709815/0861

Die Beträge der Diskontinuitäten sind an sich nicht nach oben begrenzt. Sie sollten jedoch nicht so groß sein, daß beim Brillenträger der Eindruck der kontinuierlich variierenden Brechkraft zerstört wird. Dieses Kriterium begrenzt die einzelnen Diskontinuitäten auf etwa 0,5 D.

Die Verwendung von Diskontinuitäten verringert auch die Verzeichnung in der Zwischenzone. Fig. 16 zeigt die Verzeichnung eines quadratischen Netzwerks, das sich bei Verwendung eines Brillenglases mit stetig variierender Scheitelbrechkraft ergibt. Das Bild ähnelt dem Bild eines quadratischen Netzwerks, das bei einem Brillenglas gemäß Fig. 3 erhalten wird. Fig. 17 zeigt die Verzeichnung desselben quadratischen Netzwerks, wenn bei dem Brillenglas mit kontinuierlich variierender Scheitelbrechkraft in der Zwischenzone Diskontinuitäten an der oberen und unteren Begrenzung vorgesehen sind. In beiden Fällen ändert sich in der Zwischenzone die Scheitelbrechkraft linear und der Wert B für das Gesamt-"Add" ist gleich. Die Verzeichnung ist bei einem Brillenglas nach Fig. 17 wesentlich niedriger als bei einem Brillenglas gemäß Fig. 16.

Wenn man ein Brillenglas mit kontinuierlich variierender Scheitelbrechkraft entsprechend dem Stand der Technik mit endlichen Brechkraftdiskontinuitäten versieht, äußern sich diese durch deutliche Sprungstellen auf der Glasoberfläche an den Stellen der Brechkraft-Diskontinuitäten. Wenn beispielsweise in Fig. 4 die Achse des erzeugenden Kreises vertikal verläuft, würde sich die mit einer Brechkraft-Diskontinuität verbundene Schwelle als horizontale Schwelle quer über die Oberfläche des Brillenglases erstrecken. Die Höhe L dieser Schwelle

nimmt etwa quadratisch mit dem Abstand y von der meridionalen Hauptkurve zu, entsprechend der folgenden Beziehung:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{n-1} y^2 .$$

Wenn z.B. $b = 0,5 D$ und $n = 1,5$, dann ergibt sich für $y = 35 \text{ mm}$ die Höhe $L = 0,62 \text{ mm}$. Aus kosmetischen Gründen müßte diese Stufe in die durch sie getrennten Betrachtungszonen eingeschmolzen werden. Dies wäre außerordentlich schwierig bei Brillengläsern gemäß dem Stand der Technik. Wenn jedoch das vorbeschriebene Verfahren einer Saugform-Oberflächenerzeugung verwendet wird, so tritt das Verschmelzen wegen der endlichen Dicke der Glasscheibe, die zur Herstellung der Formflächen benutzt wird, automatisch ein. Das sich ergebende Brillenglas enthält, wie in Fig. 18 gezeigt, mechanisch und optisch verschmolzene Flächenteile 60, in denen sich die Brechkraft schnell ändert. Diese Flächenteile werden jedoch nicht als störend empfunden, da sie den Teilen der Zwischenzone benachbart sind, für welche die Sehschärfe durch den Astigmatismus bereits beträchtlich vermindert ist.

Die beiden besonders hervorzuhebenden Vorteile der erfindungsgemäßen Brillengläser sind zum einen die kontinuierliche Akkomodation über die gesamte Höhe des Brillenglases, was ein optischer Vorteil ist, zum anderen die unsichtbaren Trennungslinien zwischen den verschiedenen Betrachtungszonen, was ein kosmetischer Vorteil ist. Für den Vorteil der progressiven Akkomodation längs der vertikalen meridionalen Hauptkurve innerhalb der Zwischenzone, muß jedoch mit Ausnahme einer relativ schmalen

Kanalbreite klarer Sicht der Nachteil einer verminderten Sehschärfe in Kauf genommen werden.

Im folgenden sollen die Konstruktion und die Herstellung eines Brillenglases mit kontinuierlich variierender Brechkraft von dem in Figur 11 gezeigten Typus näher beschrieben werden.

Zur Korrektur der schrägen Verzeichnung in den Randgebieten der Zwischenzone, in der die Brechkraft kontinuierlich variiert, muß die Forderung erfüllt werden, daß vertikale und horizontale Linien in der Umgebung des Brillenträgers, der mit einem auf schräge Verzeichnung korrigierten Brillenglas versehen ist, vertikal und horizontal gesehen werden. Diese Korrektur gelingt durch die Maßnahme, daß diese Randbereiche Teile einer Rotationsfläche enthalten. Die Achse dieser Rotationsfläche verläuft vertikal und liegt in der vertikalen Meridionalebene. Aus Symmetriebetrachtung dürfte verständlich sein, daß die Hauptachsen des Astigmatismus an jedem Punkt einer derartigen Rotationsfläche in horizontalen und vertikalen Ebenen liegen. Wenn die Randgebiete des Brillenglases diese Form aufweisen, kann lediglich eine normale Verzeichnung durch diese Gebiete festgestellt werden.

Im folgenden sei auf die Figuren 5 und 19 Bezug genommen. Die Randbereiche CDE und C'D'E' der brechenden Oberfläche sind Teile einer Rotationsfläche, deren Achse LL' vertikal verläuft und in der vertikalen Meridionalebene liegt. Für den Fall, daß die gesamte Fernsichtzone, welche die obere Hälfte des Brillenglases einnimmt, sphärisch ist, geht die Drehachse für die Randbereiche CDE und C'D'E' durch den Krümmungsmittelpunkt der Fernsichtzone hindurch. Falls die Achse durch irgendeinen anderen Punkt der Evolute hindurchginge, wäre es nicht möglich, die untere Hälfte des Brillenglases mit der sphärischen

oberen Hälfte glatt zu verbinden, was mit anderen Worten ausgedrückt bedeutet, daß wegen der kreisförmigen Ausbildung der äquatorialen Unterteilungslinie EE' die Drehachse für die Randbereiche der unteren Hälfte des Brillenglases durch den Mittelpunkt dieses Kreises hindurchgehen muß.

Bei der Konstruktion eines derartigen Brillenglases müssen zunächst entsprechend Figur 19 die seitlichen Unterteilungslinien AB, CD, A'B'C'D' festgelegt werden. Das verwendete rechtwinklige Koordinatensystem ist in Figur 20 dargestellt, welche an Stelle des Brillenglases selbst die diesem entsprechende konkave Oberfläche des Blockes widergibt, mit dem nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren die Brillengläser gegossen werden. Die Oberfläche verläuft tangential zur x-y Ebene im Koordinatenursprungspunkt O.

Der Bereich des Blocks, welcher der Fernsichtzone der Gießform und des Brillenglases entspricht liegt über der y-z Ebene. Diejenigen Bereiche, welche der Zwischenzone und der Nahbetrachtungs- bzw. der Lesezone entsprechen, liegen unterhalb dieser Ebene. Die Zwischenzone hat eine Höhe h. Der Block ist symmetrisch zur x-z Ebene, welche die Meridionalebene ist. An der unteren Hälfte des Blocks ist der rechte, einer Verschmelzung dienende Zwischenteil rechts und links von Kurven begrenzt die durch die Beziehungen $y=y_1(x)$ und $y=y_2(x)$ wiedergegeben werden. Der linke, eine Verschmelzung bewirkende Zwischenteil wird rechts und links von Kurven begrenzt, welche durch die Beziehung $y=y_1(x)$ und $y=y_2(x)$ wiedergegeben werden. Der Krümmungsradius der sphärischen Fernsichtzone des Blocks beträgt r_D , derjenige der sphärischen Lesezone r_R . Der Krümmungsradius an einem Punkt x der vertikalen meridionalen Hauptkurve wird

709815/0861

allgemein durch $r = r(x)$ wiedergegeben. Die Oberflächenform des Blocks läßt sich als Höhe $z = f(x, y)$ über der x - y Ebene ausdrücken.

Da man weiß, daß die Randbereich, d.h. die äußeren Teile der Zwischenzone und der Nahsichtzone Teile einer Rotationsfläche sind, werden die seitlichen, einer Verschmelzung dienenden Zwischenteile derart konzipiert, daß man die glatt möglichste Verbindung zwischen dem Mittelteil und den äußeren Randteilen des Brillenglases erhält. Die äußeren Randteile werden anschließend durch eine Rotation der Begrenzungskurven CD und $C'D'$ um die Rotationsachse LL' in Figur 19 gewonnen.

Im folgenden sollen allgemeine Gleichungen angegeben werden, die für die Konzeption eines Brillenglases von der in Fig. 11 dargestellten Bauart bzw. eines Formblocks zur Herstellung eines derartigen Brillenglases verwendet werden können. Diese Formeln geben explizit die Form der rotationssymmetrischen äußeren Randteile an.

Für die sphärische Fernsichtzone wird

$$z = r_D - (r_D^2 - x^2 - y^2)^{1/2}.$$

Für den mittleren Bereich der unteren Hälfte des Brillenglases oder des Blocks, sowohl für die Zwischenzone als auch für die Nahbetrachtungszone bzw. Lesezone gilt folgende Beziehung

$$z = f_{01}(x, y), \\ = \int_0^x \frac{Q}{(1-Q^2)^{1/2}} dx + (r^2 - u^2)^{1/2} - (r^2 - u^2 - y^2)^{1/2}$$

worin

$u = Qr$ und

$$Q = \int_0^x \frac{dx}{r} \quad \text{bedeuten.}$$

709815/0861

Für die rotationssymmetrischen äußeren Randbereiche der unteren Hälfte des Brillenglases oder des Blocks erhält man

$$z = f_{23}(x, y) \\ = r_D - \left[(r_D - z_2)^2 + y_2^2 - y^2 \right]^{1/2}$$

mit

$$z_2 = f_{01}(x, y_1) + (r_D^2 - y_1^2)^{1/2} - (r_D^2 - y_2^2)^{1/2} + 1/2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_D} \right) \cdot y_1(y_2 - y_1).$$

Für die Zwischenteile zwischen den Mittelteilen und den äußeren Randteilen ergibt sich

$$z = f_{12} \\ = A f_{01} + B f_{23} \\ A = a(y_2 - y)^3 + b(y_2 - y)^4 + c(y_2 - y)^5, \\ B = a(y - y_1)^3 + b(y - y_1)^4 + c(y - y_1)^5,$$

und

$$a = \frac{10}{(y_2 - y_1)^3}, \quad b = \frac{-15}{(y_2 - y_1)^4}, \quad c = \frac{6}{(y_2 - y_1)^5}.$$

Die vorstehenden Beziehungen liefern eine genaue Beschreibung der geometrischen Eigenschaften des Brillenglases oder des Blocks, wobei sie mathematische Beziehungen für die Oberflächenbereiche angeben, die zuvor als Rotationsflächen beschrieben wurden.

Im folgenden soll auf das Verfahren zur Herstellung von Brillengläsern mit Hilfe des in der vorstehend beschriebenen Weise definierten Keramikblocks näher eingegangen werden. Als Glas wird beispielsweise ein augenoptisches Kron-
glas verwendet, das auf den durch die vorstehenden Gleichungen

chungen bestimmten Keramikblock aufgelegt wird. Die Kombination wird anschließend in einen Ofen eingebracht, der wie folgt aufgeheizt wird. Die Temperatur wird im Ofen auf eine maximale Temperatur von annähernd 654°C (1210°F) über eine Zeitdauer von annähernd 4 Stunden aufgeheizt. Die Temperatur im Ofen wird dann bei diesem Temperaturwert annähernd eine Stunde gehalten. Dann wird anschließend über eine Zeitdauer von annähernd 8 Stunden der Ofen von der genannten Ausgangstemperatur herabgekühlt.

Im folgenden soll beispielshalber und unter Bezugnahme auf Figur 21 angenommen werden, daß ein CR-39 Kunststoff-Brillenglas mit einem konvexen Fern- 'chtteil und einem Krümmungsradius von 83,33 mm und mit einem "Add"-Wert für den Lesebereich von 2,00 D hergestellt werden. Die Gießform wird durch Eindrücken bzw. Ansaugen hergestellt, wobei man von einem meniskusförmigen Glasrohling mit Scheitelbrechkraften von +6,0 D und -6,37 D und einer Mitteldicke von 4,0 mm ausgeht. Zur Erzeugung eines Brillenglases mit dem festgelegten Brechkraftverhalten und bei Verwendung des vorstehend beschriebenen Glasrohlings müssen die Krümmungsradien der sphärischen Bereiche des Blocks für die Fernsichtzone 88,113 mm und für die Nahbetrachtungszone 68,440 mm betragen. Wenn man annimmt, daß die Zunahme der Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptkurve in der Zwischenzone linear erfolgen soll, so läßt sich die Krümmung für die Zwischenzone durch folgende Beziehung wiedergegeben

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_D} + \left(\frac{1}{r_R} - \frac{1}{r_D} \right) \cdot \frac{x}{h}$$

Für $h = 10,0$ mm erhält man die folgende Formel für die Radien

$$\frac{1}{r} = (11.3491 + 0,3262x) \cdot 10^{-3} \text{ (mm}^{-1}\text{)}$$

Die Linien y_1 und y_2 sollen geradlinig mit den folgenden Koordinaten verlaufen

x (mm)	y_1 (mm)	y_2 (mm)
0	7,0	14,0
10	9,1	18,2

Als Gleichungen für diese Linien erhält man

$$y_1 = 7,00 + 0,21 x \quad (\text{mm})$$

$$y_2 = 14,0 + 0,42 x \quad (\text{mm})$$

Mit den so erhaltenen Werten für r_D , r_R , r , y_1 , y_2 kann in die Gleichungen für die Oberfläche eingegangen werden. Durch entsprechendes Programmieren eines Rechners und Eingabe der Rechenergebnisse in eine programmgesteuerte spanabhebende Maschine, wird auf einem Keramikblock die gewünschte Oberfläche erzeugt. Da die numerischen Berechnungen der Oberfläche mittels eines Rechners aus den vorstehenden Formeln relativ aufwendig ist, wurden für die tatsächlichen Berechnungen mathematisch äquivalente Formeln verwendet, die bei der Auswertung mit dem Rechner auf einfachere Weise die erwünschten Ergebnisse liefern. Figur 21 zeigt, wie auf diese Weise mit Hilfe eines Elektronenrechners erhaltenen Ergebnisse, wobei die Elevation des einen Durchmessers von 86 mm aufweisenden Blocks jeweils in Abständen von 4 mm aufgetragen ist. In Figur 21 ist lediglich die Hälfte des Blocks dargestellt, da die andere Hälfte im wesentlichen spiegelbildlich ist. Jede Zahl gibt den Abstand in z Richtung von der Oberfläche des Blocks zu der x-y Ebene, welche tangential zur Oberfläche des Blocks am Mittelpunkt der mit 0,0000 bezeichneten Zahl verläuft. Der genaue Ort für die jeweiligen Werte liegt jeweils in der Mitte der Zahlen. Die vertikale meridionale Hauptkurve 52 von Figur 5 würde daher den Mittelpunkt der mit 0,0000 bezeichneten Zahl schneiden, sowie die Mittelpunkte der Zahlen, die direkt darüber oder darunter

liegen, d.h. die Mittelpunkte der Zahlen 0,0908; 0,3639; 0,0943; 0,3919 usw.. Das spezielle Beispiel betrifft einen Keramikblock mit Radien für die Fernsicht- und Nahbetrachtungszonen von 88,113 bzw. 68,440 mm. Dieser Block wird verwendet, um eine Gußform durch Ansaugen zu bilden, welche ein Gießen von Kunststoffbrillengläsern der in Figur 11 wiedergegebenen Form ermöglicht, die einen Radius von 83,83 mm für die Fernsichtzone und einen "Add"-Wert von 2,00 D zu der Nahbetrachtungszone aufweisen.

In dem nächsten Ausführungsbeispiel wird speziell auf Figur 17 Bezug genommen. Durch das Anbringen der Diskontinuitäten in den Verlauf der Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptkurve lassen sich die Aberrationen in der Zwischenzone gegenüber dem Beispiel von Figur 16 verringern. Es verbleibt jedoch ein bestimmter Anteil von schräger Verzeichnung in der Zwischenzone. Die schräge Verzeichnung in den äußeren Randteilen der Zwischenzone läßt sich in die weniger störende normale Verzeichnung überführen, was auf genau dieselbe Weise erfolgt, wie für das vorstehend beschriebene Brillenglas mit der kontinuierlichen Brechkraftverteilung. Die Zwischenzone und die Lese- bzw. Nahbetrachtungszone von der Oberfläche des in Fig. 17 dargestellten Brillenglases werden seitlich in fünf aneinandergrenzende Teile unterteilt, genau wie dies in Fig. 5 der Fall war. Das Mittelteil verbleibt genau wie das entsprechende Mittelteil von Fig. 17. Die äußeren Randteile werden jedoch entsprechend der Konstruktion von Fig. 5 ausgebildet, so daß sie Teile von Rotationsflächen enthalten, deren Achse vertikal verläuft und durch den Krümmungsmittelpunkt des Fernsichtteiles hindurchgeht. Auf Grund dieser Konstruktion liegen die Hauptachsen des Astigmatismus in den äußeren Randteilen in horizontalen und vertikalen Ebenen, so daß sichergestellt ist, daß horizontale und vertikale Linien des Ge-

sichtsfeldes durch diese Teile horizontal und vertikal wahrgenommen werden. Die Zwischenteile zwischen den Mitteleilen und den äußeren Randteilen dienen dazu, diese glatt ineinander übergehen zu lassen. Fig. 22 zeigt im Vergleich zu Fig. 17 diese Korrektur der schrägen Verzerrung in den Randbereichen des Brillenglases. Durch das Eindrücken oder Ansaugen bei der Herstellung wird desweiteren eine Glättung der Oberflächendiskontinuitäten an den oberen und unteren Rändern der Zwischenzonen erreicht.

Im folgenden soll ein Beispiel für die Konstruktionen und für die Herstellung eines Brillenglases der in Fig. 22 dargestellten Bauart gegeben werden. Wie im Fall des vorherbeschriebenen Brillenglases mit progressiv zunehmender Brechkraft wird dieses Brillenglas aus Kunststoff in eine Form gegossen, die durch das vorstehend beschriebene Ansaug- oder Eindruckverfahren hergestellt wurde. Man benötigt daher eine genaue Beschreibung von der Krümmung des entsprechenden Keramikblocks. Die geometrische Anordnung der verschiedenen Betrachtungs- und Verschmelzungszonen ist identisch wie in Fig. 20. Auch die allgemeinen Formeln für ein Brillenglas mit kontinuierlich sich ändernder Brechkraft lassen sich für dieses Brillenglas mit sich diskontinuierlich ändernder Brechkraft verwenden, wobei lediglich die Krümmung für die meridionale Hauptkurve durch folgende Beziehung ersetzt werden muß:

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{r} &= \frac{1}{r_D} && \text{Fernsichtzone} \\
 &= \frac{1}{r_D} + \delta K_1 + \left(\frac{1}{r_R} - \frac{1}{r_D} - \delta K_1 - \delta K_2 \right) \frac{x}{h} \\
 &&& \text{Zwischenzone} \\
 &= \frac{1}{r_R} && \text{Nahbetrachtungszone}
 \end{aligned}$$

worin r_D den Krümmungsradius der sphärischen Fernsichtzone

r_R den Krümmungsradius der sphärischen Nahbetrachtungszone

ΔK_1 den Sprung in der Krümmung an der Grenzlinie zwischen der Fernsichtzone und der Zwischenzone

ΔK_2 den Sprung in der Krümmung an der Grenzlinie zwischen der Zwischenzone und der Nahbetrachtungszone

und h die Höhe der Zwischenzone

bedeuten, wobei angenommen worden war, daß sich in der Zwischenzone die Scheitelbrechkraft längs der meridionalen Hauptkurve linear ändert.

Es sei die Herstellung eines CR-39 Brillenglases gefordert, das eine Fernsichtzone mit einem konvexen Krümmungsradius von 83,33 mm aufweist und einen "Add"-Wert für die Nahbetrachtungszone von 2,00 D hat. Brechkraftdiskontinuitäten von 0,5 D werden an der oberen und unteren Grenzlinie der Zwischenzone vorgesehen. Bei Verwendung des gleichen Glasrohrlings wie in dem vorstehenden beschriebenen Beispiel eines Brillenglases mit kontinuierlich zunehmender Brechkraft benötigt man folgende Eingangsparameter zur Herstellung des des CR-39 Brillenglases mit den festgelegten optischen Eigenschaften:

$$\begin{aligned} r_D &= 88,113 \text{ mm} \\ r_R &= 68,440 \text{ mm} \\ \Delta K_1 &= (0,815) \cdot 10^{-3} \text{ mm}^{-1} \\ \Delta K_2 &= (0,815) \cdot 10^{-3} \text{ mm}^{-1} \\ h &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Für die meridionale Krümmung erhält man daher folgende Werte:

41

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{r} &= 11,3491 \times 10^{-3} \text{ (mm}^{-1}\text{)} \quad \text{Fernsichtzone} \\
 &= (12,1641 + 0,1632x) \times 10^{-3} \text{ (mm}^{-1}\text{)} \quad \text{Zwischenzone} \\
 &= (14,6113) \times 10^{-3} \text{ (mm}^{-1}\text{)} \quad \text{Nahbetrachtungszone}
 \end{aligned}$$

und wie im vorstehenden Falle

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 7,00 + 0,21 \times (\text{mm}) \\
 y_2 &= 14,0 + 0,42 \times (\text{mm})
 \end{aligned}$$

Diese Werte von r_D , r_R , r , y_1 , y_2 werden nun dem Rechner eingegeben, der so programmiert ist, daß er die Oberflächenelevationen des einen Durchmesser von 86 mm aufweisenden Keramikblocks in 4 mm Abständen angibt (die Rechnungen wurden ebenfalls mit Hilfe von abgewandelten Gleichungen vorgenommen, die einer Auswertung mit einem Rechner angepaßt waren). Fig. 23 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnungen.

42
Leerseite

- 51 -

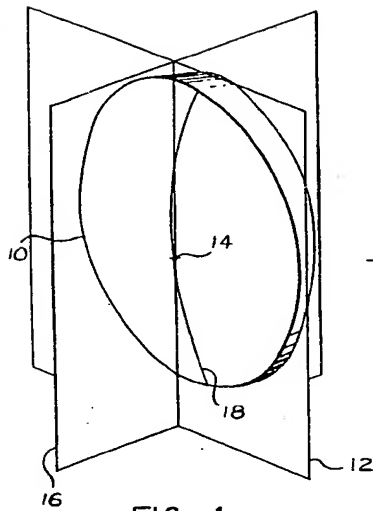


FIG. 1

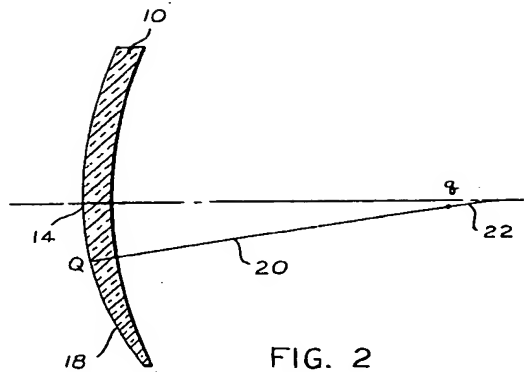


FIG. 2

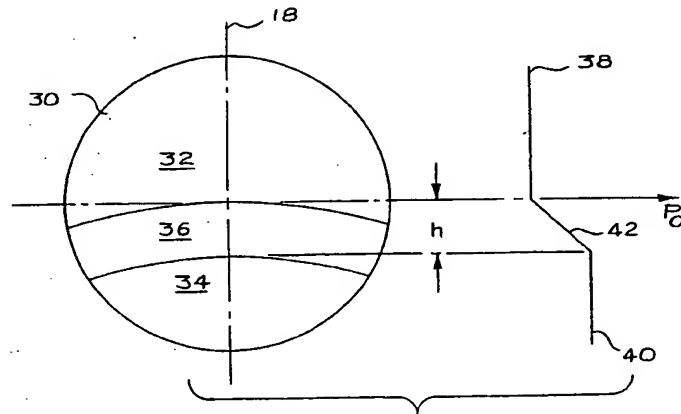


FIG. 3

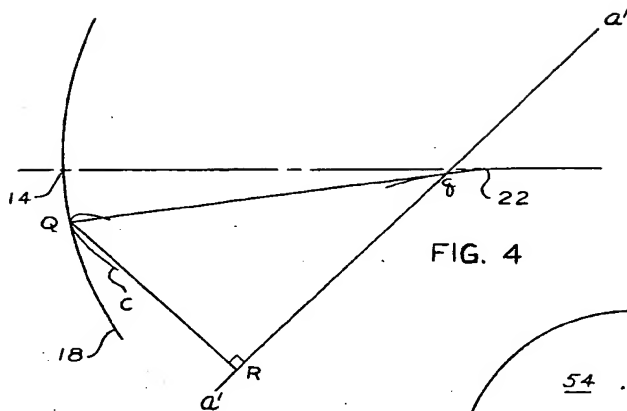


FIG. 4

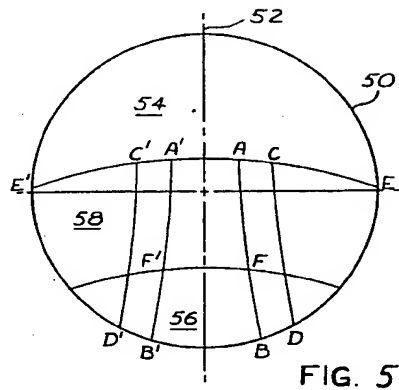


FIG. 5

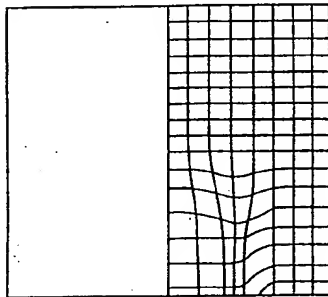


FIG. 6

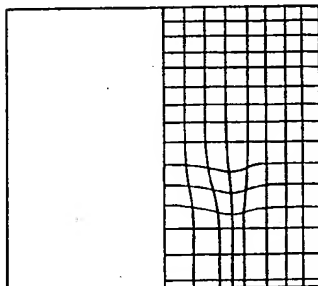


FIG. 7

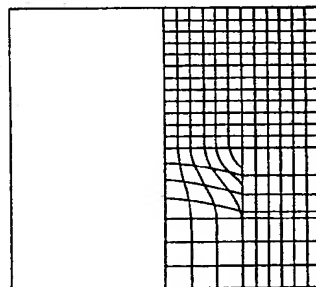


FIG. 8

- 44 -

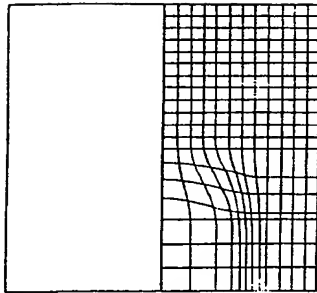


FIG. 9

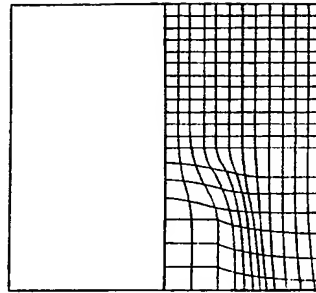


FIG. 10

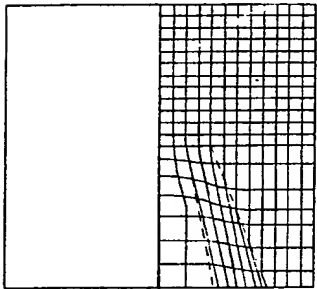


FIG. 11

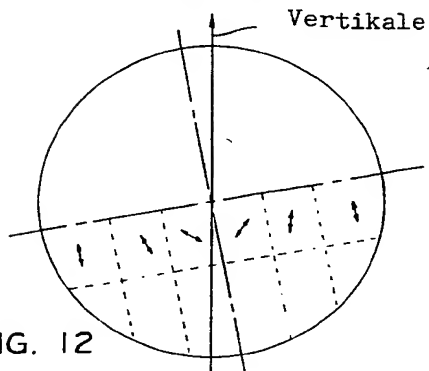
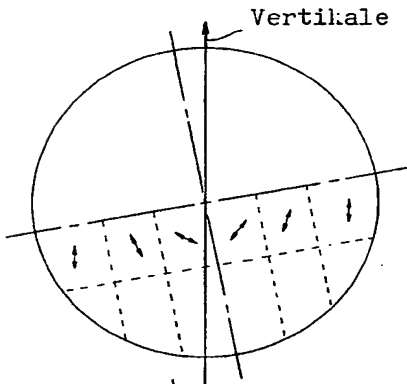
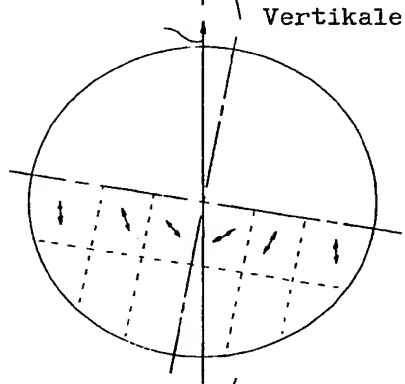


FIG. 12



linkes Auge



rechtes Auge

FIG. 13

. 45.

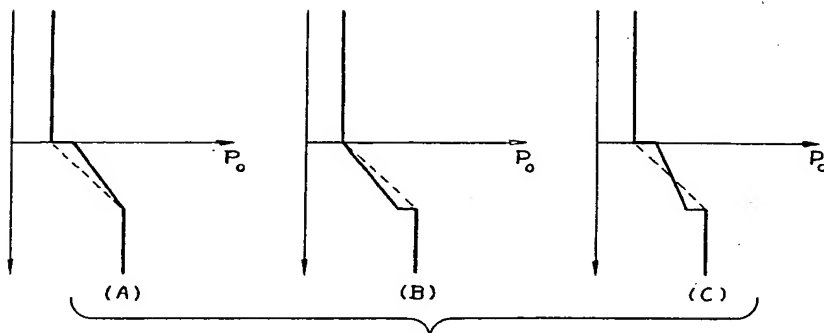


FIG. 14

		$b_1 + b_2$									
		0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
B	0.5	20 0	40 100	∞ ∞							
	1.0	10 0	13 30	20 100	40 300	∞ ∞					
	1.5	6.6 0	8 21	10 51	13.3 100	20 200	∞ ∞				
	2.0	5 0	5.6 12	6.6 30	8 56	10 100	20 300	∞ ∞			
	2.5	4 0	4.4 10	5 25	5.7 42	6.6 65	10 150	20 400	∞ ∞		
	3.0	3.3 0	3.6 9	4 18	4.3 30	5 52	6.6 100	10 200	20 500	∞ ∞	
	3.5	2.9 0	3.1 7	3.3 14	3.6 25	4 39	5 73	6.6 130	10 249	20 600	∞ ∞

FIG. 15

709815/0861

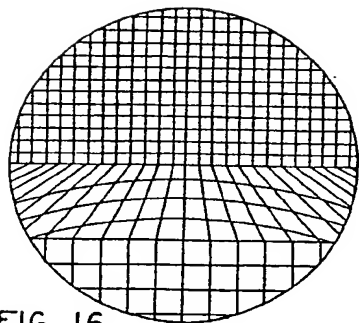


FIG. 16

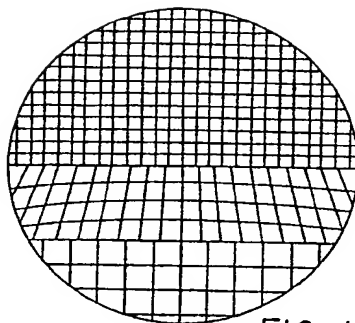


FIG. 17

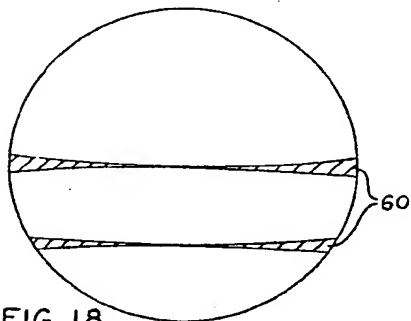
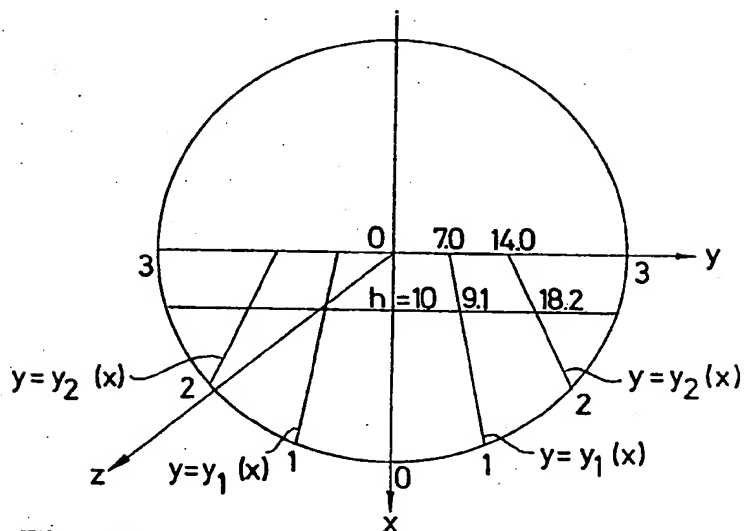
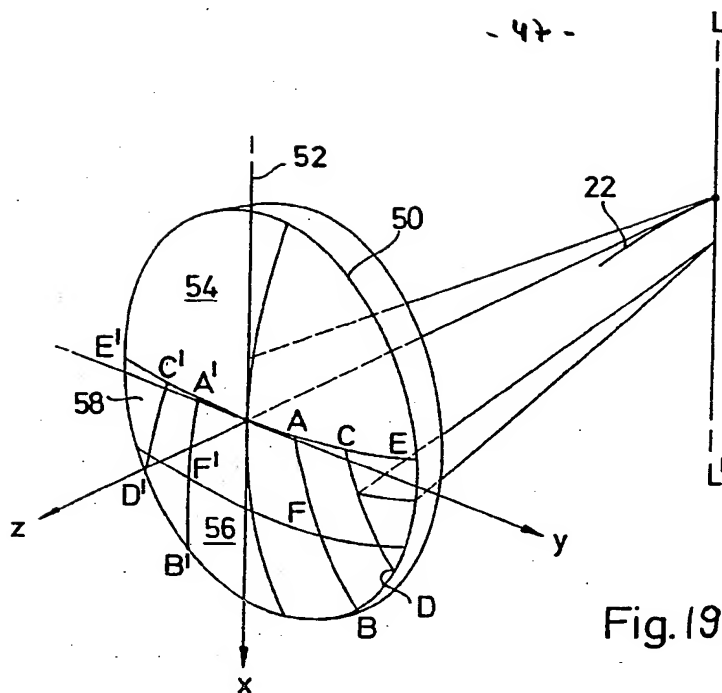


FIG. 18

- 47 -



709815/0861

2644510

-48-

AO VII 6.50 - 200

R_D = 88.113 mmR_R = 68.440

X	Y ₁	Y ₂
0	7	14
10	9.1	18.2
20	11.2	22.4

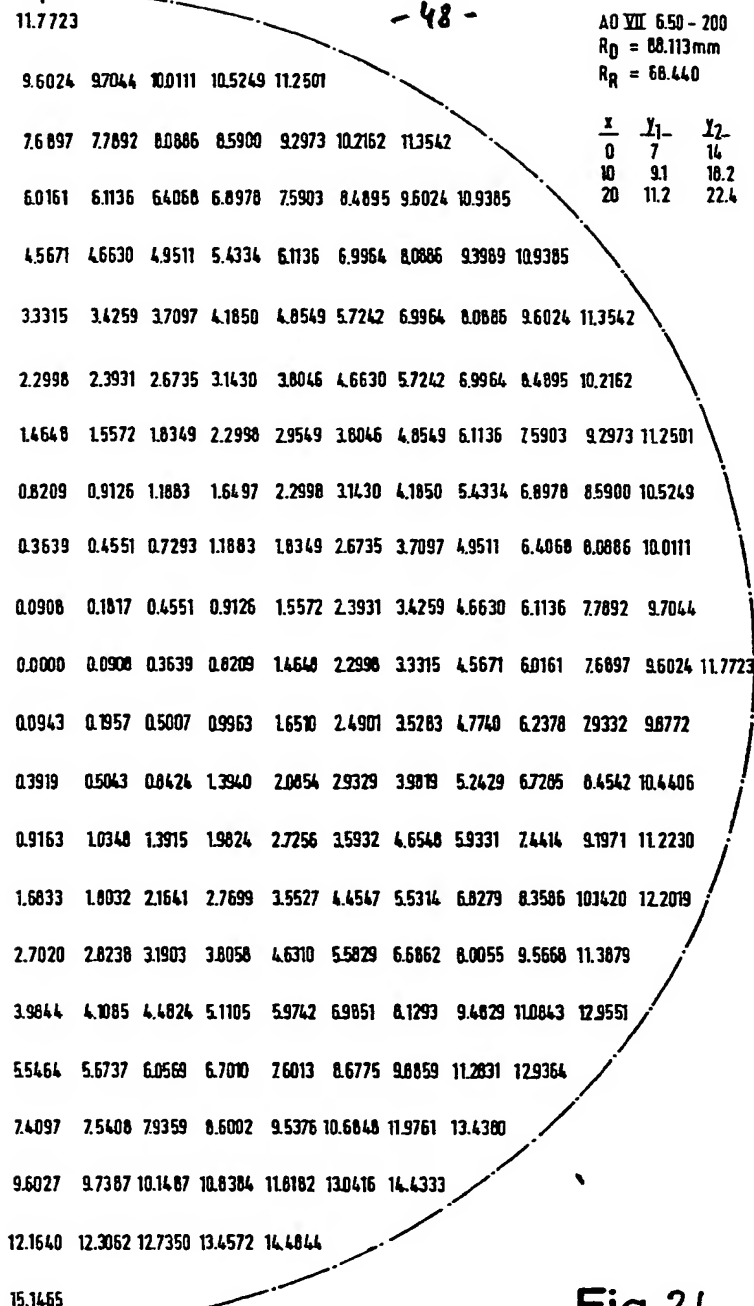


Fig. 21

709815/0861

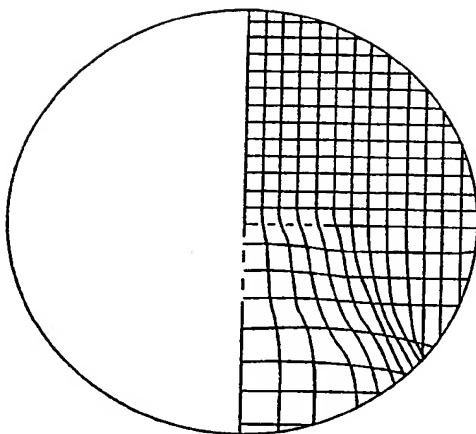


Fig.22

2644510

- 50 -

550-200

 $R_D = 88.113 \text{ mm}$ $R_R = 68.440$ $\delta K_1 = \delta K_2 = 0.815 \times 10^{-3}$

11.7723

9.6024 9.7044 10.0111 10.5249 11.2501

7.6897 7.7892 8.0886 8.5900 9.2973 10.2162 11.3542

6.0161 6.1136 6.4068 6.8978 7.5903 8.4895 9.6024 10.9385

4.5671 4.6630 4.9511 5.4334 6.1136 6.9964 8.0886 9.3989 10.9385

3.3315 3.4259 3.7097 4.1850 4.8549 5.7242 6.7994 8.0886 9.6024 11.3542

2.2998 2.3931 2.6135 3.1430 3.8046 4.6630 5.1242 6.9964 8.4895 10.2162

1.4648 1.5572 1.8349 2.2998 2.9549 3.8046 4.8549 6.1136 7.5903 9.2973 11.2501

0.8209 0.9126 1.1883 1.6497 2.2998 3.1430 4.1850 5.4334 6.8978 8.5900 10.5249

0.3639 0.4551 0.7293 1.1883 1.8349 2.6735 3.7097 4.9511 6.4068 8.0886 10.0111

0.0908 0.1817 0.4551 0.9126 1.5572 2.3931 3.4259 4.6630 6.1136 7.7892 9.7044

0.0000 0.0908 0.3639 0.8209 1.4648 2.2998 3.3315 4.5671 6.0161 7.6897 9.6024 11.7723

0.0991 0.2018 0.5108 1.0113 1.6672 2.5068 3.5458 4.7927 6.2583 7.9565 9.9045

0.4042 0.5126 0.8388 1.3731 2.0563 2.9023 3.9491 5.2068 6.6870 8.4047 10.3792

0.9299 1.0484 1.4052 1.9961 2.7393 3.6069 4.6684 5.9468 7.4550 9.2108 11.2367

1.6970 1.8168 2.1777 2.7836 3.5664 4.4684 5.5451 6.8416 8.3723 10.1556 12.2156

2.7157 2.8374 3.2040 3.8195 4.6447 5.5966 6.6999 8.0192 9.5805 11.4016

3.9981 4.1222 4.4961 5.1242 5.9879 6.9988 8.1430 9.4965 11.0980 12.9688

5.5601 5.6874 6.0706 6.7147 7.6150 8.6912 9.8996 11.2968 12.9501

7.4234 7.5545 7.9496 8.6138 9.5513 10.6985 11.9898 13.4517

9.6164 9.7524 10.1624 10.8521 11.8319 13.0553 14.4470

12.1776 12.3199 12.7487 13.4709 14.4981

15.1602

Fig. 23

709815/0861